

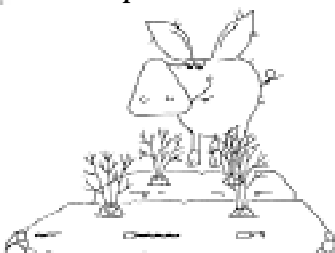
*Андреев Николай Николаевич,
Калиниченко Михаил Александрович*

**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ФИЛЬМЫ
О ЗАНИМАТЕЛЬНЫХ
И НЕРЕШЕННЫХ ПРОБЛЕМАХ МАТЕМАТИКИ
ФИЛЬМ ДЕВЯТЫЙ.
СВЕРЛЕНИЕ КВАДРАТНЫХ ОТВЕРСТИЙ**

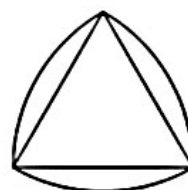
Кадр 1–3. Заголовок.

СВЕРЛЕНИЕ КВАДРАТНЫХ ОТВЕРСТИЙ

Кадр 4–5.



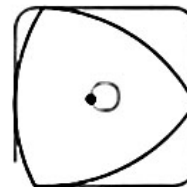
В фильме «Круглый треугольник Рело» рассказывается о фигурах, обладающих постоянной шириной. Именно треугольник Рело – простейшая фигура постоянной ширины – поможет нам в сверлении квадратных отверстий.



Кадр 6–12.

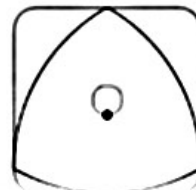


Если двигать центр этого «треугольника» по некой траектории, то его вершины вычертят почти квадрат, а сам он заметет всю площадь внутри полученной фигуры.



Кадр 13–15.

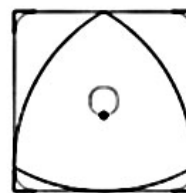
Границы полученной фигуры, за исключением небольших кусочков по углам, будут строго прямыми!



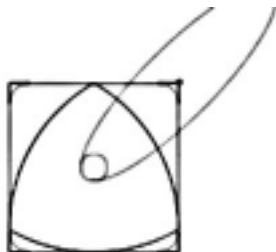
Математические этюды

Кадр 16.

И если продолжить отрезки, тем самым добавив уголочки, то получится в точности квадрат.



Кадр 17–19.

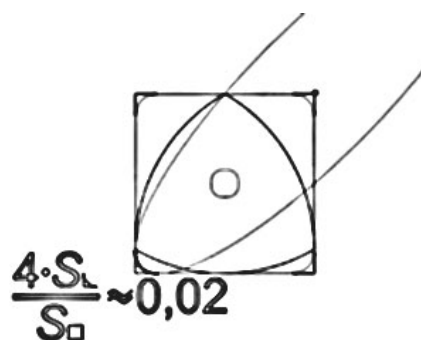


Для того чтобы получилось описанное выше, центр треугольника Рело нужно двигать по траектории, являющейся склейкой из четырех одинаковых дуг эллипсов. Центры эллипсов расположены в вершинах квадрата, а полуоси, повернутые на угол в 45° относительно сторон квадрата, равны $k(1 + 1/\sqrt{3})/2$ и $k(1 - 1/\sqrt{3})/2$, где k – длина стороны вычерчиваемого квадрата.

Кадр 20–21.

Кривые, скругляющие углы, также являются дугами эллипсов с центрами в углах квадрата, их полуоси повернуты на угол в 45° относительно сторон квадрата и равны $k(\sqrt{3} + 1)/2$ и $k(\sqrt{3} - 1)/2$.

Площадь незаметных уголочков составляет всего около 2 процентов от площади всего квадрата!



Теперь, если сделать сверло в виде треугольника Рело, то можно будет сверлить квадратные отверстия с немного скругленными уголками, но абсолютно прямыми сторонами!

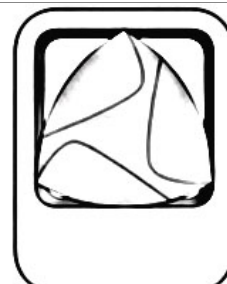
Осталось сделать такое сверло... Вернее само-то сверло сделать несложно, нужно только, чтобы оно напоминало в сечении треугольник Рело, а режущие кромки совпадали с его вершинами.

Трудность заключается в том, что, как уже было отмечено выше, траектория центра сверла должна состоять из четырех дуг эллипсов. Визуально эта кривая очень похожа на окружность и даже математически близка к ней, но все же это не есть окружность. А все эксцентрики (круг, посаженный на круг другого радиуса со смещенным центром), используемые в технике, дают движение строго по окружности.

В 1914 году английский инженер Гарри Джеймс Уаттс придумывает, как устроить такое сверление. На поверхность он накладывает направляющий шаблон с прорезью в виде квадрата, в котором ходит сверло, вставленное в патрон со «свободно плавающим в нем сверлом». Патент на такой патрон был выдан фирме, начавший изготовление сверл Уаттса в 1916 году.

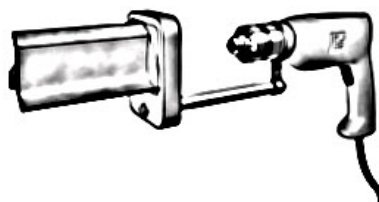
Кадр 22–25.

Мы же воспользуемся другой известной конструкцией. Прикрепим сверло жестко к треугольнику Рело, помещенному в квадратную направляющую рамку.

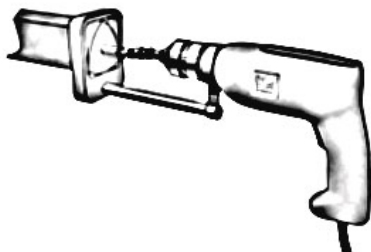


Кадр 26–29.

Сама рамка фиксируется на дрели. Осталось теперь передать вращение патрона дрели треугольнику Рело.



Кадр 30–32.



Помогает решить эту техническую проблему конструкция, которую Вы наверняка много раз видели под днищем проезжавших по улице грузовых автомобилей – карданный вал. Эта передача получила свое название в честь Джероламо Кардано¹.

Кадр 33–36.



Теперь у нас все готово к сверлению. Возьмем фанерный лист и... высверлим квадратное отверстие!



Кадр 37–38.

Как уже говорилось, стороны будут строго прямыми и лишь уголки немного скруглены. При необходимости их можно подправить надфилем.



Кадр 39. Литература

1. E. Weisstein. Reuleaux Triangle.
2. С.Г. Гиндикин. Рассказы о физиках и математиках. М.: МЦНМО, 2006.

Кадр 40. Титры

Идея фильма: Николай Андреев.

Мультипликация: Михаил Калининченко.

¹ Джероламо КАРДАНО (1501–1576). Когда в 1541 г. император Карл V триумфально вошел в завоеванный Милан, ректор коллегии врачей Кардано шел рядом с балдахином. В ответ на оказанную честь он предложил снабдить королевский экипаж подвеской из двух валов, качение которых не выведет карету из горизонтального положения [...] Справедливость требует отметить, что идея такой системы восходит к античности и что, по крайней мере, в «Атлантическом кодексе» Леонардо да Винчи имеется рисунок судового компаса с карданным подвесом. Такие компасы получили распространение в первой половине XVI века, по видимому, без влияния Кардано [2].



Наши авторы, 2007
Our authors, 2007

*Андреев Николай Николаевич,
кандидат физико-математических
наук, научный сотрудник
Математического института
им. В.А. Стеклова РАН,*

*Калининченко Михаил Александрович,
художник проекта.*